

III-B 110 全周地盤ばねモデルを用いたセグメント設計の合理化に関する実験的研究

— 底部地盤反力の評価方法に関する一考察 —

早稲田大学 学生員 渡邊 誠司
 佐藤工業㈱ 正会員 木村 定雄
 早稲田大学 元山 恒
 早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

シールドトンネルの覆工設計において用いられている断面力算定法の一つに“はりばねモデルによる計算法”がある。これはセグメント継手やリング継手の構造を現実近づけて評価したものでありさらに地盤をWinklerの仮定に従う弾性ばね（受動的地盤ばね）でモデル化（部分地盤ばねモデル）してセグメントリングの変形に伴う抵抗土圧を評価したものである。現状この計算法は軟弱な粘性土地盤からよく締まった砂質地盤において多くの実績を有し覆工の設計法として有用であるものと考えられる。

しかしながら自立性の高い地盤においては設計時に想定した土荷重より相当に小さい荷重しかセグメントには作用していない例も報告されており¹⁾土被りや適用する地盤に応じてより合理的なセグメントの設計法の確立が望まれている。筆者らはある程度の土被りを有し(2D程度以上, D:セグメントリング外径)自立性の高い地盤においてはトンネルがその内空側に変位し地盤が主働側となるセグメントの変形部位についても主働的地盤ばね(引張ばね)を配して地盤と覆工との相互作用を考慮した全周地盤ばねモデルについて基礎的研究を行ってきている²⁾。

これまでの研究においては底部地盤反力は従来の部分地盤ばねモデルの場合と同様に頂部鉛直土圧および水压やセグメントの自重に対する等分布荷重として取り扱ってきた。しかしながら地盤ばねで評価される土圧はトンネル覆工の変形に従属して定まる荷重であるとする底部地盤反力を地盤ばねを用いて評価する方法も考えられる。本報告はトンネル模型を用いた実験およびその解析を行い全周地盤ばねモデルにおける底部地盤反力の評価方法について考察したものである。

2. 実験方法および解析手法

実験に用いた土槽載荷装置および計測機器の概要を図1に示す。模型地盤は豊浦標準砂を用いて砂質地盤をモデル化した。トンネル覆工の模型は土圧により横断面内に変形が生じないものとして鋼管をまた変形が生じるものとしてアクリル管を用いた。載荷は地盤が弾性的挙動を示す範囲で可動載荷板を一方(A_U)から押し込むことにより行った。解析はこの実験におけるトンネル模型の挙動をシミュレーションしたものであ

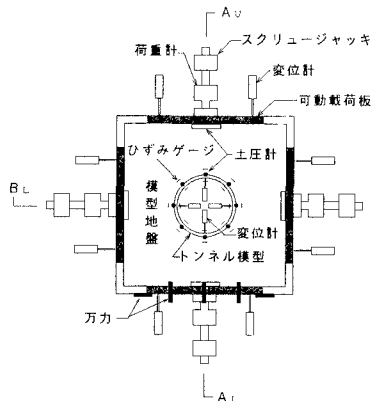


図1 実験装置および計測項目の概要

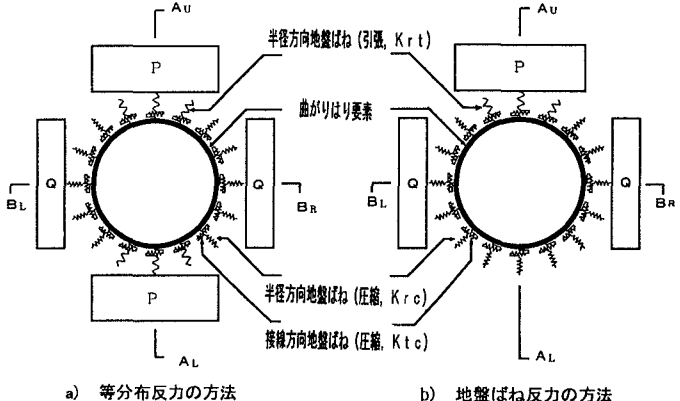


図2 荷重—構造モデル

る。図2は解析に用いた荷重－構造モデルであり底部地盤反力を a) 等分布荷重として評価する方法（以下等分布反力の方法）とそれを b) 極座標系の地盤ばねで評価する方法（以下地盤ばね反力の方法）を示したものである。なお解析に用いた諸元は表1に示したとおりであり模型地盤やトンネル模型の物性値は実験から求めた。

3. 実験結果と解析結果との比較およびその考察

等分布反力の方法および地盤ばね反力の方法による解析（接線方向地盤ばねを考慮しない解析）結果と実験結果を図3に示す。図3の曲げモーメント図を見ると実験値は等分布反力の方法と地盤ばね反力の方法の中間的な値となっている。また軸力についても曲げモーメントとほぼ同様の傾向を示している。これらのことから底部地盤反力は等分布荷重すなわちアクリル管を剛体とみなした時のその移動に伴う地盤反力（全体座標系のA-A方向の地盤ばねで評価するものと等価）の影響のみではなく覆工の横断面内変形（極座標系の半径方向の地盤反力ばねで評価するものと等価）の影響も受けることが想定される。なお、接線方向の地盤ばねを考慮した場合の解析値は、考慮しない場合と比べて曲げモーメントについてはあまり差異がなく、軸力については若干実験値に近い値となった。

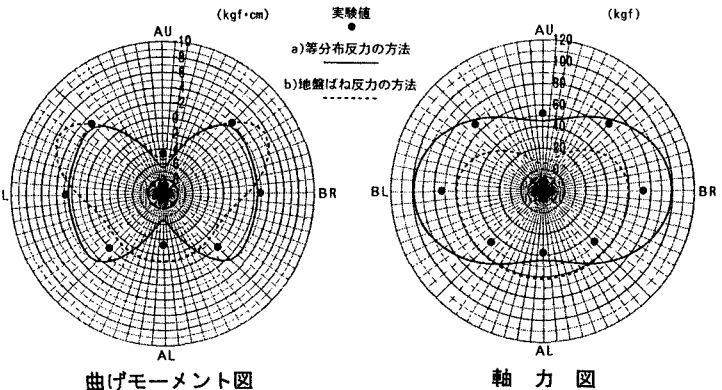


図3 実験結果および解析（接線方向地盤ばねを考慮しない場合）結果

表2 正負の最大曲げモーメントとその位置の軸力

表2は計算された正負の最大曲げモーメントを示したものである。正曲げに対しては等分布反力の方法が

解析モデル	解析ケース	接線方向地盤ばねKtc	正曲げの最大値		負曲げの最大値	
			Mmax(kgf·cm)	N(kgf) (Mmax位置)	Mmin(kgf·cm)	N(kgf) (Mmin位置)
等分布反力の方法	1	0	6.53	45.0	-2.76	81.6
	2	Krc/3	6.55	47.1	-2.89	76.4
	3	Krc	6.58	50.6	-3.12	74.2
地盤ばね反力の方法	4	0	5.50	5.47	-5.67	46.4
	5	Krc/3	6.03	19.0	-5.60	53.1
	6	Krc	6.49	34.8	-5.30	61.3

また負曲げに対しては地盤ばね反力の方法が設計上安全側の解を与えることがわかる。

4. おわりに

今回実施した実験的および解析的検討から全周地盤ばねモデルにおける底部地盤反力は等分布反力による方法と地盤ばね反力による方法の中間的な方法により評価することが望ましいと考えられる。また覆工が剛体的移動を起こす場合には、覆工と地盤との間で摩擦による接線方向の力の伝達がなされ、覆工に生じる軸力にある程度の影響を与えることがわかった。

【参考文献】

- 1) たとえば、新堀、清水：施工10年後のセグメント応力測定結果、トンネル工学研究発表会論文・報告集、第2巻、p. p. 79～82、1992. 10.
- 2) 木村、野本、渡邊、小泉：トンネル覆工に作用する土圧と覆工変形の相互作用に関する模型実験、トンネル工学研究論文・報告集、第5巻、p. p. 71～78、1995. 11.